

**RELACIÓN ENTRE LAS PRÁCTICAS DE ALIMENTACIÓN Y SU EFECTO
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES DE PISCICULTURA**

MONOGRAFIA

Laura Marcela Castro Martínez

Edwar Gustavo Rodríguez Caro

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Medicina Veterinaria

Sede Circunvalar, Colombia

2021

**RELACIÓN ENTRE LAS PRÁCTICAS DE ALIMENTACIÓN Y SU EFECTO
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES DE PISCICULTURA**

MONOGRAFIA



Laura Marcela Castro Martínez

Edwar Gustavo Rodríguez Caro

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de;

Médico Veterinario

Director

Alba Lucia Rey Castaño

Co-Director

Paula Esquinas

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Medicina Veterinaria

Sede Circunvalar, Colombia

2021

**RELACIÓN ENTRE LAS PRÁCTICAS DE ALIMENTACIÓN Y SU EFECTO
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES DE PISCICULTURA**

MONOGRAFIA

Laura Marcela Castro Martínez

Edwar Gustavo Rodríguez Caro

TRABAJO DE GRADO APROBADO

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Medicina Veterinaria

Sede Circunvalar, Colombia

2021

RESUMEN

En la presente monografía se realiza una revisión bibliográfica con el objetivo de adquirir conocimiento actualizado sobre la relación que existe entre las prácticas de alimentación y su impacto sobre la calidad ambiental en estanques de piscicultura, recopilando información sobre diferentes especies de peces en producción, con el fin de identificar los aspectos a tener en cuenta para una buena alimentación con el menor impacto en el estado general del agua. Se recopiló la información de artículos publicados en revistas científicas (*Aquaculture, World Aquaculture Society, Animal Research International, etc.*), libros (*Fundamentos de acuicultura continental, Introducción a la Acuicultura, Fish Disease: Diagnosis and Treatment, etc.*) y en varias plataformas web (*Academia.edu, ScienceDirect, ResearchGate, etc.*) Los temas claves a evaluar incluyen tipo y prácticas de alimentación y parámetros fisicoquímicos del agua (oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbidez, nitritos y nitratos, salinidad, conductividad eléctrica, dureza y alcalinidad), determinando la importante relación entre el manejo del alimento y su impacto sobre la calidad del agua, el estado fisiológico de los peces y la optimización del sistema de producción.

Palabras clave: Alimento, prácticas de alimentación, calidad del agua, parámetros fisicoquímicos, sistema de producción.

ABSTRACT

In this monograph a bibliographic review is carried out in order to acquire updated knowledge on the relationship between feeding practices and their impact on environmental quality in fish farming ponds, collecting information on different species of fish in production, in order to identify Aspects to take into account for a good diet with the least impact on the general state of the water. Information was collected from articles published in scientific journals (*Aquaculture, World Aquaculture Society, Animal Research International, etc.*), books (*Fundamentals of continental aquaculture, Introduction to Aquaculture, Fish Disease: Diagnosis and Treatment, etc.*) and on various web platforms. (*Academia.edu, ScienceDirect, ResearchGate, etc.*) Key topics to evaluate include feeding types and practices and physicochemical parameters of water (dissolved oxygen, pH, temperature, turbidity, nitrites and nitrates, salinity, electrical conductivity, hardness and alkalinity), determining the important relationship between food management and its impact on water quality, the physiological state of the fish and the optimization of the production system.

Keywords: Food, feeding practices, water quality, physicochemical parameters, production system.

TABLA DE CONTENIDOS

	<u>Pág.</u>
Contenido	
RESUMEN	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
OBJETIVOS	11
General	11
Específicos	11
JUSTIFICACIÓN	12
METODOLOGÍA	14
Diseño	14
Estrategia de búsqueda	14
Clasificación y organización	14
MARCO TEÓRICO	16
Alimentación	16
Tipos de Alimentación de Acuerdo al Sistema de Producción	22
Sistemas de alimentación	24
Calidad de Agua	31
Temperatura	32
pH	33
Turbidez	34
Oxígeno disuelto	35
Nitritos y nitratos	38
Conductividad eléctrica	39
Dureza y alcalinidad	39
Salinidad	40
Relación entre las prácticas de alimentación y la calidad del agua	41
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Factores medioambientales que influyen la ingesta de alimento en los peces.....	16
FIGURA 2. Sistemas de alimentación manual	24
FIGURA 3. Alimentación masiva en estanque	24
FIGURA 4. Alimentadores de cinta con mecanismo de reloj	25
FIGURA 5. Sistema de alimentación automático	26
FIGURA 6. Esquema de los componentes principales de los dispensadores a demanda	28
FIGURA 7. Efecto del pH sobre los peces de un estanque	33
FIGURA 8. La transparencia del agua medida con un disco de secchi	34
FIGURA 9. Efecto de la concentración de oxígeno disuelto sobre los peces de un estanque	36
FIGURA 10. Enfermedad de las burbujas. Lesiones en aletas	36

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Tamaño del pellet recomendado para peces de cultivo	20
TABLA 2. Valores e intervalos optimos para el consumo de peces dulceacuicolas	31
TABLA 3. Producción de sedimentos con y sin control de la alimentación en cultivo de trucha	45

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los programas y planes de alimentación que se han implementado desde hace más de 30 años incluyen factores que afectan la eficiencia alimenticia y el equilibrio del medio en los sistemas de piscicultura (Merino, Salazar & Gómez, 2006; Vidal et al, 2017) como, por ejemplo:

- **Requerimientos nutricionales y calidad del alimento balanceado:** La baja calidad del alimento suministrado al pez está determinada por la escasa disponibilidad de nutrientes adecuadas en la ración, formulación y procesado inadecuado del producto, carencia de conocimiento y comprensión de las necesidades nutricionales del pez y almacenamiento inadecuado del producto (Balbuena, 2011).
- **Disponibilidad de alimento natural:** De acuerdo con el medio en el que se encuentra la producción ya que el alimento natural no solamente es importante por la cantidad de biomasa que puede proporcionar, sino además por el aporte de elementos como vitaminas o minerales que por alguna razón no están presentes en el alimento formulado. En un estanque de tierra, a través de la fertilización, es posible promover este tipo de alimento ya que el agua rica en nutrientes favorece la proliferación de fitoplancton (microalgas), base de la cadena trófica del sistema. De estas células se alimentará el zooplancton (pequeños invertebrados) que, junto con las primeras, constituirán el alimento de las primeras fases de desarrollo de los peces y de otros organismos presentes en el medio (DINARA, 2010).
- **Parámetros físico-químicos del agua:** Los peces son poiquilotermos y tienen la capacidad de variar su temperatura de acuerdo a la del medio en el que viven adaptándose a variaciones moderadas dentro de un intervalo de tolerancia. Cuando

existen variaciones bruscas de temperatura o temperaturas extremas por periodos prolongados, generan estrés, disminución de defensas, disminuyen el apetito y puede causar muerte de los peces. Esto mismo se puede presentar por variaciones en los demás parámetros y compuestos del agua (Balbuena, 2011; Volkoff & Rønnestad 2020).

Es importante destacar la relación directa que existe entre la calidad del agua y la frecuencia y cantidad alimentaria en una producción, ya que influye en funcionamiento del sistema, evitando enfermedades en los peces y pérdidas económicas para el piscicultor (Merino, et al., 2006; Wezel et al, 2013).

PREGUNTA

¿Cuál es el efecto de las prácticas de alimentación en los sistemas de producción piscícola sobre la calidad ambiental durante el cultivo de los peces?

OBJETIVOS

General

Adquirir conocimiento actualizado sobre la relación entre las prácticas de alimentación y su impacto sobre la calidad ambiental en estanques de piscicultura.

Específicos

- Recopilar información acerca de las prácticas de alimentación usadas en piscicultura y el efecto sobre los parámetros fisicoquímicos del agua (oxígeno, pH, temperatura, turbidez, dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica y salinidad).
- Establecer relaciones entre las características más reportadas en términos de alimentación y calidad del agua.
- Analizar de forma crítica la información encontrada, generando cuestionamientos que den preámbulo a investigaciones futuras.

JUSTIFICACIÓN

La piscicultura es la parte de la acuicultura relacionada con la cría, reproducción y engorde de peces. El éxito de la actividad piscícola depende de varios factores como por ejemplo un buen manejo del agua, de los peces, de la calidad genética, de asegurar una alimentación balanceada, estricta sanidad, apropiados métodos de conservación, transporte y adecuados canales de comercialización para el producto final (Merino, Salazar & Gómez, 2006).

La piscicultura presenta inconvenientes relacionados con las prácticas de alimentación, en donde cabe mencionar, el alimento no consumido por los peces que se deteriora rápidamente contribuyendo a la disminución de la calidad del agua, afectando negativamente en la salud y el bienestar de los peces (Dos Santos et al, 2008; Noga, 2011); la descomposición microbiana de los alimentos no consumidos y las heces conducen a la mineralización y liberación de nutrientes en el agua para otros organismos acuáticos y plantas que a su vez contribuyen a un mayor deterioro del agua de un cultivo (Rakocy, Masser & Losordo, 2006; Kosemani et al, 2017).

A pesar de los beneficios socioeconómicos, la producción acuícola sigue asociada con una serie de impactos ambientales, debido, por ejemplo, a sus emisiones de nutrientes y productos químicos al agua, sus interacciones con la biodiversidad local, su uso de energía y su dependencia de la captura para la producción de piensos. Estos participan en problemas ambientales como la eutrofización, el cambio climático, la degradación de la biodiversidad local y el agotamiento de los recursos (Bohnes & Laurent, 2021).

Por lo anterior, es importante identificar el estado del conocimiento actual con relación a las prácticas de alimentación en los sistemas de producción piscícola y su impacto sobre el deterioro paulatino de los factores ambientales que afectan la productividad del estanque, poniendo a prueba hipótesis teóricas y ubicando la problemática en contexto histórico.

METODOLOGÍA

Diseño

El presente trabajo es una investigación teórico descriptiva de carácter documental, ya que el procedimiento implica una identificación, organización, sistematización y análisis de documentos como artículos de revistas, apartados de libros y estudios científicos dedicados a la producción acuícola en donde abarcaran los temas de alimentación y calidad de agua.

Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una investigación en diferentes fuentes de búsqueda electrónica como Google Scholar, Academia.edu, Science Direct, ResearchGate, entre otros, con el fin de encontrar documentos y manuales sobre acuicultura publicados en diferentes partes del mundo sin límite de fecha. Esta búsqueda se hizo tanto en español, como en inglés y portugués y se analizaron además las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de rescatar otras fuentes potencialmente incluíbles para la revisión.

Clasificación y organización

Se seleccionaron cincuenta y dos (52) fuentes bibliográficas que incluían las palabras claves de búsqueda (alimentación y calidad de agua), posteriormente se clasificaron de acuerdo con el tipo de documento (artículo de investigación, capítulo de libro, artículo de revista, artículo de revisión) título, autores y año.

Del título y el resumen se observó si era útil y relevante para el tema de revisión, de los autores se identificó la credibilidad o experiencia en el tema de acuerdo con su filiación

institucional, y en cuanto al resultado de las investigaciones se determinó si eran correctos y aplicables al tema de estudio.

MARCO TEÓRICO

Durante los últimos 15 a 20 años, más de 60 países se han dedicado a la cría de numerosas especies o grupos de especies de animales y plantas acuáticas en una amplia gama de sistemas de producción, que van desde granjas acuícolas extensivas de bajos insumos hasta granjas acuícolas intensivas de altos insumos que utilizan estanques, recintos y tanques enjaulados. Aunque se cultivan más de 200 especies acuáticas, la mayor parte de la producción proviene de unas pocas especies y grupos de especies que se cultivan con un impacto mínimo en el medio ambiente en comparación con otros sectores de producción de alimentos como la agricultura y la ganadería, sin dejar de maximizar los beneficios para la sociedad (Rana & Hasan, 2013).

Alimentación

La alta productividad de la piscicultura se debe a que los peces son organismos bastantes eficientes en convertir los nutrientes del alimento en carne. El agua, siendo mucho más densa que el aire, da apoyo físico a los peces, y así, ellos no necesitan gastar ni mucha energía ni muchos nutrientes en desarrollar un esqueleto fuerte y pesado. El rendimiento en canal de los peces es superior al rendimiento de los animales terrestres domesticados (Meyer, 2004).

La ingesta de alimento y el crecimiento de los animales son regulados tanto por factores internos que implican un control por parte de los sistemas nervioso central, endocrino y neuroendocrino, como por factores externos de origen medioambiental como la temperatura, fotoperiodo, iluminación, disponibilidad de oxígeno, de alimento, densidad de

cultivo, presencia de competidores, de depredadores, etc. (Ver figura 1) (Sanz et al, 2009; Lall & Tibbetts, 2009).

Figura 1.

Factores medioambientales que influyen en la ingesta de alimento en los peces (Sanz et al, 2009).



Los tres ritmos de alimentación predominantes que afectan el consumo de alimentos en los peces son los ritmos diel (diario), anual (estacional) y mareal (lunar). La mayoría de los peces en los sistemas de cultivo tienen ritmos de alimentación diarios en los que se alimentan diurnos (comen durante el día) o nocturnos (comen de noche). Muchas especies de peces cambian su hora preferida de alimentación a lo largo del día en función de la influencia de factores bióticos (como la amenaza de depredación) y factores abióticos (como las condiciones de iluminación). En una situación de cultivo, es importante conocer el momento óptimo del día para alimentar a los peces cuando su apetito es más alto para

promover altas tasas de crecimiento y minimizar el desperdicio de alimento (Lall & Tibbetts, 2009).

De esta forma es tan importante el hecho de que el alimento ofrecido tenga un equilibrio adecuado de los diversos nutrientes, así como que sea ingerido en la cantidad adecuada, conociendo de ante mano los parámetros biológicos clave que pueden afectar el consumo con el fin de desarrollar un sistema de producción rentable (Kotaro et al, 2006).

En términos generales, un recurso alimentario se considera apropiado para peces, en la medida que reúna las características que se detallan a continuación (Eriegha & Ekokotu, 2017):

- Tamaño y densidad del alimento, en relación con el aparato bucal de la especie en cultivo.
- Movilidad, coloración, flotabilidad y palatabilidad, en relación al hábito alimentario de la especie
- Calidad nutritiva.
- Digestibilidad y capacidad de ser absorbido.
- Disponibilidad del alimento en cantidad adecuada al nivel de producción empleado.

La elección de alimento y las prácticas de manejo de alimento tienen un impacto significativo en la economía y el desempeño de un sistema de producción. El tipo y valor de los insumos alimentarios que seleccionan los agricultores depende de una serie de factores que incluyen el mercado (local, de exportación) y el valor de los peces, los

recursos financieros disponibles para el agricultor, la especie, el sistema de cultivo y la intensidad de la producción (Shipton & Hasan, 2013).

Los alimentos procesados para organismos acuáticos, granulados o extruidos, dificultan enormemente la pérdida de nutrientes por lixiviación. Así, la producción de piensos en la propiedad, muy común hasta mediados de la década de 1990, ya no es una rutina, debido a inconvenientes prácticos y económicos, dando paso al uso de piensos procesados industrialmente. A las empresas de fabricación de piensos le interesa asegurarse de que sus productos se utilicen de forma adecuada por ende promueven buenos resultados de producción para los agricultores y les permite desarrollar relaciones comerciales a largo plazo brindando asesorías gratuitas (Shipton & Hasan, 2013).

Entre los principales ingredientes utilizados en la formulación de los piensos comerciales, destacan: harina de soja, harina de semilla de algodón, concentrados de proteínas vegetales, levadura y harina de pescado, como fuentes de proteína; y maíz, sorgo, salvado de arroz y aceites, como fuentes de energía, además de la inclusión de complementos minerales y vitamínicos, sal y sustancias antioxidantes (Pérez, Santos & Vieira, 2010).

Los alimentos comerciales para peces son extruidos (flotantes) o peletizados a presión (hundidos). Tanto el alimento flotante como el que se hunde pueden producir un crecimiento satisfactorio. Los alimentos extruidos tienen mayores costos de fabricación, pero se considera que es ventajoso alimentar con un pienso flotante (extruido) porque el granjero puede observar directamente la intensidad de alimentación de sus peces y ajustar las tasas de alimentación para maximizar el crecimiento y la eficiencia del uso de alimentos. El alimento está disponible en una variedad de tamaños que van desde migajas

finas para peces pequeños hasta gránulos grandes (6 – 10 mm o más grandes). El tamaño del gránulo debe ser aproximadamente del 20 al 30 por ciento del tamaño de la boca del pez (Ver tabla 1). Alimentar un pellet demasiado pequeño resulta en una alimentación ineficaz porque se usa más energía para encontrar y comer más pellets. Por el contrario, los gránulos demasiado grandes deprimirán la alimentación y, en casos extremos, pueden provocar asfixia. (Craig & Helfrich, 2017).

Tabla 1.

Tamaño de pellet recomendado para peces de cultivo.

Peso promedio de los peces (g)	Tamaño del pellet (mm)
5 -10	1.5 – 2
15 – 30	2
30 – 100	3
100 – 250	4
250 – 500	4
500 – 750	4 – 6
750 - 1500	6
>1500	6 – 10

(Tomado Ibiyo (2016) tal como se mencionó en Eriegha & Ekokotu. 2017).

El bagre, por ejemplo, requiere alimentos flotantes, así como el salmón requiere alimento de hundimiento lento y los camarones de hundimiento rápido, debido a sus diferentes hábitos de alimentación preferidos en la columna de agua. La tecnología de extrusión se utiliza ampliamente para producir piensos de salmónidos de agua fría y peces marinos. La aplicación de la tecnología de extrusión permite la producción de alimentos con alto contenido energético basados en altos niveles de lípidos (entre el 20% y el 40% de la dieta). El procesamiento térmico asociado con la extrusión también inactiva los

componentes antinutricionales que pueden estar presentes en los ingredientes vegetales y aumenta la digestibilidad de proteínas, carbohidratos y otros nutrientes. La gelatinización del almidón durante el proceso de extrusión también aumenta la estabilidad del alimento y permite una mayor absorción de lípidos en los gránulos (Lall & Tibbetts, 2009).

Considerando que los requisitos de alimentación de los peces dependen de varios factores, como el tamaño, el estado de salud y el estado general del entorno de cultivo; existe toda la necesidad de determinar la alimentación real deseada para satisfacer sus necesidades fisiológicas, promover el crecimiento y la reproducción en base a condiciones peculiares (Yoo & Lee, 2016).

Normalmente las dos principales cuestiones que se plantean en relación con la estrategia de alimentación a utilizar son: (a) la cantidad de alimento que debe ser suministrado a los peces en función de los numerosos factores bióticos y abióticos que determinan el apetito de los animales, así como sus requerimientos nutricionales y (b) la forma en que debe ser dispensado dicho alimento con respecto al momento del día, la duración de la alimentación, el número de alimentaciones por día y la cantidad de alimento suministrado (Sanz et al, 2009).

Aunque las empresas productoras de alimento elaboran tablas de alimentación de acuerdo con los requerimientos nutricionales de las diferentes especies cultivadas, en general, los juveniles requieren diariamente entre el 10 y el 20% de su peso en alimento, mientras que los adultos solamente necesitan entre el 1 y 3%. Para calcular el alimento que deberá ser suministrado es necesario conocer la cantidad de biomasa en el estanque. Esto será el resultado de multiplicar el número de peces y su peso promedio. Es importante que el piscicultor, además de seguir sus recomendaciones, observe el comportamiento de los

peces durante la alimentación lo que permitirá verificar si los animales consumen el alimento y a través de su comportamiento podrá tener una buena indicación de la salud de los peces. La cantidad de alimento que consumen los peces variará con base en diferentes condiciones como la etapa de vida, la hora del día, la temperatura, niveles de oxígeno disuelto y otros parámetros de calidad de agua (Vidal et al, 2017; Craig & Helfrich, 2017).

Tipos de Alimentación de Acuerdo al Sistema de Producción

La actividad piscícola puede desarrollarse en diferentes niveles de producción, cada uno de los cuales tiene sus propias características en términos de alimentación (Lall & Tibbetts, 2009).

Sistema Extensivo. El sistema de cría extensivo no requiere inversión en tecnología, por lo tanto, permite el uso de tanques o pozos existentes en la propiedad. Los animales se crían en policultivo, es decir, manteniendo varias especies en el mismo tanque. La elección de especies debe apuntar a aprovechar al máximo el vivero, recomendando la asociación de especies que se alimentan de diferentes regiones de la columna de agua. El uso de piensos para este sistema no es común y los peces suelen consumir alimentos naturales, representados por el plancton que se desarrolla en el agua del tanque. No se supervisa la calidad del agua y el rendimiento de la actividad suele ser bajo (Pérez, Santos & Vieira, 2010; Oliva, 2011).

Sistema Semi-intensivo. Este sistema de cría implica el uso de tecnología básica, caracterizada por la inversión en la planificación de tanques excavados para el almacenamiento controlado de especies aisladas, constituyendo así un monocultivo (Pérez, Santos & Vieira, 2010). Se aplica abono para producir alimento natural, se suministra

alimento concentrado y productos agrícolas suplementarios como frutas, semillas, hojas de bore y otros dependiendo de la especie. Requiere bajo recambio de agua (5-15% día) y manejo de la tasa de alimentación de acuerdo con la edad de los peces (Pérez, Santos & Vieira, 2010; Oliva, 2011).

Sistema Intensivo. Se realiza en ambientes artificiales (incluidas jaulas en ambientes lóticos o lénticos), con alimentación artificial en todas las etapas de producción; manejo permanente y especializado; carga inicial proporcional a la producción por alimentación artificial, y elevada producción por unidad de superficie (Merino, Salazar & Gómez, 2006; Pérez, Santos & Vieira, 2010).

Sistema Súper-intensivo. El sistema de cría superintensivo implica la aplicación de alta tecnología y mano de obra especializada. La planificación de la producción está meticulosamente elaborada, con tanques de hormigón, con alta renovación de agua, normalmente instalado en jaulas flotantes en lagos o embalses. Se recomienda la creación exclusivamente en monocultivo, muchas veces con la adquisición de animales genéticamente superiores, lo que garantiza mejores respuestas a la inversión realizada. La gestión alimentaria se caracteriza por el suministro de piensos artificiales equilibrados de alta calidad, siguiendo las indicaciones de los planes nutricionales adecuados para cada especie. La alta renovación hídrica del sistema permite el mantenimiento constante de los parámetros limnológicos en niveles ideales, lo que permite el uso de altas densidades de almacenamiento por m³ de agua (Merino, Salazar & Gómez, 2006; Pérez, Santos & Vieira, 2010).

Sistemas de alimentación

Un principio que hay que tener en cuenta cuando se habla de alimentación de los peces es el hecho de que muchas especies no regulan su ingesta de alimento sobre una base diaria, sino que utilizan periodos mucho más amplios para su regulación. Ello supone que en determinados días su apetito es reducido e ingieren raciones por debajo de lo esperado, mientras que otros días son capaces de ingerir cantidades superiores a las esperadas. Esta amplia variación diaria, a menudo, es impredecible aun teniendo en cuenta las condiciones ambientales, por lo que los sistemas de alimentación dotados de una cierta flexibilidad son preferibles a los sistemas programados rígidamente (Sanz et al, 2009).

Distribución de alimento a mano. La alimentación manual se practica para la cría de reproductores, utilizando gránulos semiflotantes para monitorear de cerca el consumo de alimento, en la cría de salmón del Atlántico en pequeñas granjas y en las granjas terrestres, como los raceways (Ver figura 2). La alimentación manual requiere una idea clara de la cantidad de alimento que se distribuirá a un tanque o jaula determinados. Por lo general, esto se hace mediante el uso de mesas de alimentación proporcionadas por los propios fabricantes de piensos o por los agricultores que desarrollan sus propias mesas de alimentación basadas en la experiencia y la observación pasadas (Ver figura 3). Una ventaja reconocida de tal alimentación manual es la capacidad del agricultor para observar visualmente el comportamiento de alimentación de la población de peces y ajustar la cantidad de alimento que se distribuirá en consecuencia (Sanz et al 2009; Kaushik, 2013).

Figura 2.

Sistema de alimentación manual.



Aunque se trata de un buen sistema de alimentación, sus principales limitaciones son: la dificultad que implica la observación del comportamiento de los peces desde la superficie, la gran cantidad de tiempo que precisa y la falta de control del alimento no consumido (Sanz et al, 2009).

Figura 3.

Alimentación masiva en estanque

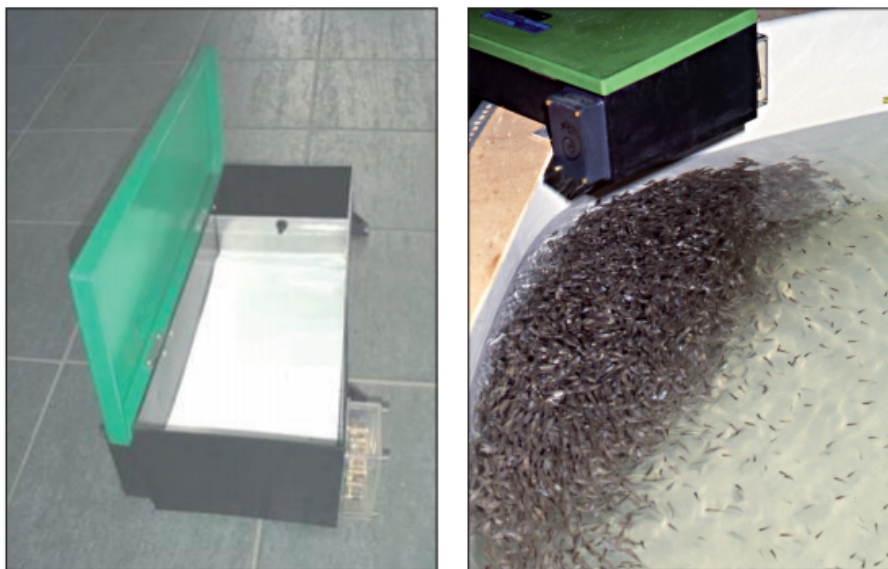


La alimentación manual permite un adecuado control de la alimentación a partir de las observaciones de la actividad motora, alimentaria y posición en la columna de agua (Sanz et al, 2009).

Alimentadores de cinta. Se utilizan principalmente para la cría de peces pequeños cuando una determinada cantidad de alimento se coloca en una cinta que se mueve lentamente, dejando caer el alimento en los tanques de cría o tinas. El alimento se libera lenta y uniformemente en los tanques. Estos alimentadores utilizan un mecanismo de relojería y, por lo tanto, son fáciles de usar incluso en áreas remotas, ya que no se requiere energía eléctrica (Ver figura 4). El cinturón se retira para iniciar el funcionamiento del reloj. La cantidad deseada de alimento se distribuye sobre la superficie de la banda, ya sea a lo largo de la banda o en grupos. Estos comederos pueden entregar entre 3 y 5 kg de alimento por tanque, operando durante 12 o 24 horas para entregar alimento durante las 24 horas del día o solo durante la fotofase (es decir, durante el día). Los alimentadores de cinta operados eléctricamente se utilizan en criaderos de interior (Kaushik, 2013).

Figura 4.

Alimentador de cinta con mecanismo de reloj.

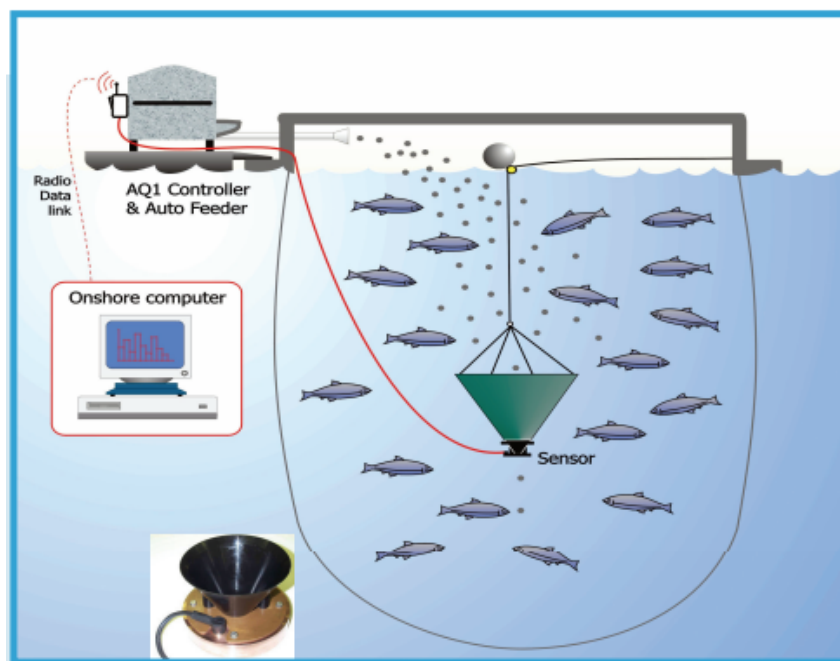


Izquierda: un alimentador de cinta vacío y derecha: alimento que sale del alimentador (Kaushik, 2013).

Alimentadores mecánicos. Hay varios tipos de comederos automáticos y mecánicos disponibles para el cultivo de truchas, incluidas unidades eléctricas, de agua y solares con temporizadores variables. Hay alimentadores que utilizan aire comprimido para expulsar el alimento sobre la superficie del agua a intervalos preestablecidos, y unidades montadas en camiones o remolques que soplan los alimentos en los tanques (Kaushik, 2013). Entre los sistemas mecánicos se conoce el de retroalimentación automática que funciona a partir de la detección del alimento no consumido. Su funcionamiento se basa en la distribución de pequeñas comidas de prueba a intervalos regulares y la determinación simultánea, mediante sensores sumergidos en el fondo de la jaula, del alimento no consumido (Ver figura 5). En el caso de que una distribución fuera ingerida totalmente por los peces el sistema continúa alimentando hasta el momento en que se rebase un umbral de alimento desperdiciado, en cuyo caso cesa la alimentación (Sanz et al, 2009).

Figura 5.

Sistema de alimentación automático.

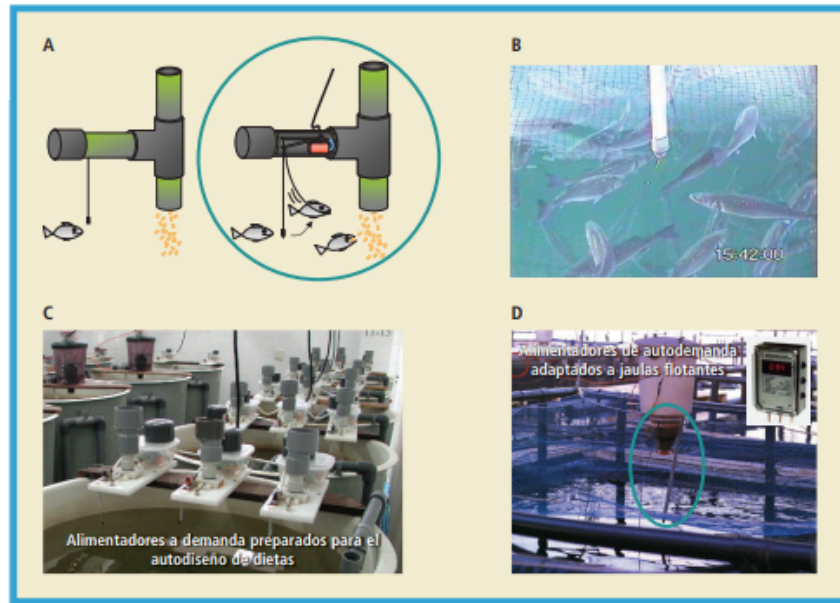


Con retroalimentación a partir de la detección del alimento consumido. Periódicamente el sistema libera una pequeña cantidad de alimento, en el caso de que sea ingerido por los peces, se continúa alimentado a intervalos discretos. Cuando el alimento ya no es ingerido el sistema detiene la alimentación hasta que transcurre un determinado tiempo y el ciclo comienza de nuevo (Sanz et al, 2009).

Alimentadores de demanda. Estos sistemas de alimentación se usan, sobre todo en instalaciones en tierra debido a su flexibilidad y sencillez de manejo. Se basan en el desarrollo de un condicionamiento instrumental mediante el cual el pez aprende a activar un sensor con el fin de obtener una recompensa en forma de alimento. El alimento se coloca en recipientes cilíndricos-cónicos y debajo del recipiente de alimento, se fija un disco móvil y se extiende un péndulo o una varilla rígida por debajo de la superficie del agua. El disco actúa como un tapón para evitar que el alimento se caiga del fondo del alimentador. Cuando un pez nada y mueve el péndulo, el disco se desplaza y se entrega una pequeña cantidad de alimento. Hay varias variantes del gatillo autoalimentado: varilla fija (como se mencionó anteriormente), "muerde y tira" e incluso gatillos fotosensibles colocados justo debajo de la superficie del agua, cuyas ventajas o inconvenientes relativos se estudian continuamente (Ver figura 6) (Sanz et al, 2009; Kaushik, 2013).

Figura 6.

Esquema de los componentes principales de los dispensadores a demanda.



A) Esquema del funcionamiento del sensor de estiramiento; el pez ha de morder y tirar del extremo del sensor para que se libere el alimento. B) Fotografía de un sensor de estiramiento emplazado en una jaula flotante. C) Organización de los dispensadores a demanda para el diseño de dietas. Cada dispensador libera un tipo diferente de dieta compuesta por uno o dos macronutrientes. Para alimentarse el pez ha de seleccionar entre varias de ellas para componer una dieta balanceada. D) Fotografía de un distribuidor de alimento, su caja de control y del emplazamiento del sensor (marcado con un círculo verde) en una jaula flotante (Sanz et al, 2009).

Se ha estudiado el uso de varios alimentadores a demanda en el mismo tanque y esto ofrece la posibilidad de brindar a los peces distintas dietas que varíen en su composición, en su textura, o en el tamaño del granulado, además ofrecen la ventaja de tener en cuenta los ritmos de comportamiento de los peces y la calidad nutricional de la dieta. Estos dispositivos también son muy prometedores para comprender los ritmos de alimentación específicos de las nuevas especies de acuicultura y para obtener datos cuantitativos sobre el control de la ingesta voluntaria de alimento (VFI) afectada por los nutrientes de la dieta. El

otro beneficio de los alimentadores a demanda es que los peces se alimentan a sí mismos de acuerdo con sus ritmos endógenos, lo que resulta en bajos costos de mano de obra y poco desperdicio de alimento, siempre que el dispositivo de alimentación y el gatillo se ajusten adecuadamente (Kaushik, 2013).

Shipton & Hasan (2013) compararon los sistemas de alimentación y plantearon la utilidad de implementar alimentadores de cinta simples en las plantas de incubación para suministrar pequeñas cantidades de alimento a los alevines que a menudo requieren alimento de forma casi continua. En los sistemas de engorde, se pueden aplicar sistemas más complejos como alimentadores de demanda estáticos y sistemas mecánicos móviles basados en aire comprimido. En aquellas especies donde se desarrollan las jerarquías de alimentación, los comederos automatizados controlados por computadora que utilizan sensores de video o infrarrojos para monitorear el consumo pueden ser particularmente efectivos para garantizar que todos los peces se alimenten hasta la saciedad.

Los síntomas característicos que se presentan en la deficiente calidad del alimento están relacionados con la desnutrición. La desnutrición es muy fácil de identificar en un pez, en las observaciones del animal se presentan con pérdida de condición corporal y peso, malformaciones del esqueleto, crecimiento lento y problemas reproductivos. Además, en algunas ocasiones se tornan agresivos, presenta un aumento del canibalismo, que puede ir de unos simples mordiscos hasta intentos de engullir peces enteros (Rønnestad et al, 2013; Craig y Helfrich, 2017).

Calidad de Agua

En los estanques, es de valiosa importancia para el manejo adecuado de la producción, disponer de agua en cantidad y de buena calidad. Los volúmenes requeridos deben ser para el llenado del estanque y reponer pérdidas por infiltración y evaporación, además, se recomienda prever si se requiere remover parcial o totalmente el agua del estanque (cuando la calidad del agua se ha deteriorado) (Balbuena, 2011; Molleda, 2007).

Los controles que se recomienda realizar en los estanques con frecuencia (diariamente) son la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto, el pH y la turbidez (transparencia del agua). Estos parámetros darán al productor las pautas para realizar manejos de agua en forma oportuna sin generar daños al pez (estrés y susceptibilidad a enfermedades) (Balbuena, 2011). En la tabla 2 se pueden observar los valores de los parámetros de calidad de agua para algunas especies dulceacuícolas (Vidal et al 2017).

Tabla 2.

Valores e intervalos óptimos para el cultivo de peces dulceacuícolas (Vidal et al, 2017).

Especie	Temperatura (°C)	Salinidad (mg/l)	pH	Oxígeno (mg/l)	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>)	25-30	0.5-3	6-9	5-15	20-400	20-400
Cachama negra, Tambaquí (<i>Colossoma macropomun</i>)	22-31		6-7.5	> 4.5		5-200
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	23-30	< 5	6.5-8.5		40	20-45
Carpa roja ornato (<i>Carassius auratus</i>)	20-28	< 10	7-9	> 4	34-150	34-150
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Trucha (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)	25-35	0-33	7-8	6	20	20
Huevos	13	-	7-7.5	5-5.7	-	-
Hasta 10 g	16	26	7-7.5	300/h	20-200	20-200
Hasta 1 kg	16	26	7-7.5	160/h	20-200	20-200
Pacú (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	26-28 (no menos de 10)		7-8	6-8	9.1	8.6

Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, sedimentación y filtración (Bautista & Ruiz, 2011).

Como la mayoría de los peces son ectotermos, su fisiología se ve fuertemente afectada por la temperatura ya que afecta su tasa metabólica y, por lo tanto, su equilibrio energético y su comportamiento, incluido el comportamiento locomotor y de alimentación. La temperatura influye en la capacidad y el deseo de los peces de obtener alimentos y en cómo procesan los alimentos a través de la digestión, absorben los nutrientes dentro del tracto gastrointestinal y almacenan el exceso de energía. Dado que los peces presentan una gran variabilidad en los hábitats, los hábitos de alimentación y las características anatómicas y fisiológicas, los efectos de la temperatura son complejos y específicos de cada especie. Los efectos de la temperatura dependen del momento, la intensidad y la duración de la exposición, así como de la velocidad a la que ocurren los cambios (Volkoff & Rønnestad 2020).

Los niveles de adaptación de temperatura varían entre 18 y 30°C para las especies explotadas comercialmente como la cachama roja (*Piaractus brachypomus*), Tilapia (*Oreochromis spp*), Bocachico (*Prochilodus spp*), Bagre (*Ictalurus punctatus*), Carpa (*Cyprinus carpio*), entre otras (Balbuena, 2011).

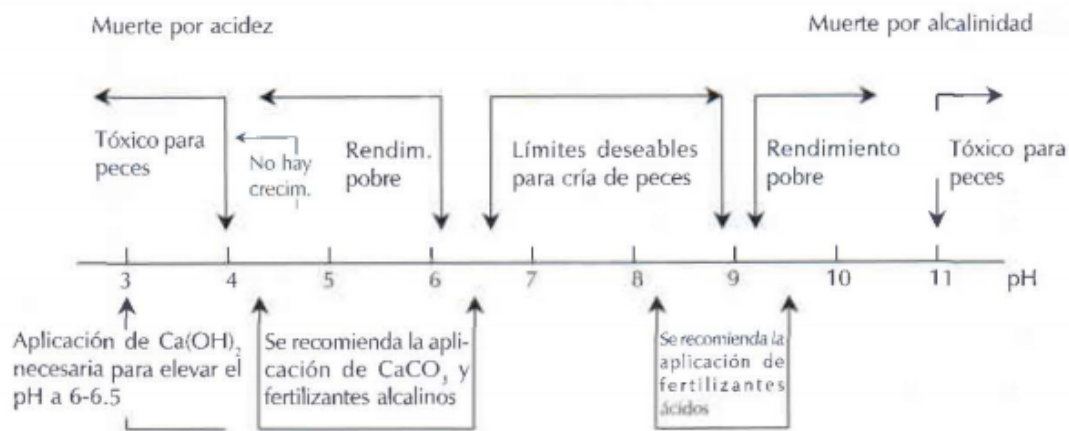
pH

Indica la concentración de hidrogeniones y su valor caracteriza la acidez y alcalinidad de las aguas. El intervalo de valores aptos para la mayoría de las especies está comprendido entre 6-9, considerando el valor de pH como neutro. A nivel general una acidificación del agua modifica la toxicidad de otros compuestos, por ejemplo, un cambio de pH dentro de un mismo cuerpo de agua está relacionado con la concentración de dióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido (Gutiérrez, 2014).

En el cultivo de peces es uno de los factores ambientales que afectan la supervivencia. Valores por ejemplo que se alejan del neutro generalmente producen alteraciones fisiológicas y que dependiendo de lo extremo del valor y el tiempo expuesto del individuo suelen producir mortandad (Ver figura 7). Hephher (Como se citó en Barile, Escudero & Jara, 2016). Para la mayoría de las especies un pH entre 6,5 y 9 es ideal, mientras que por debajo de 6,5 las especies experimentan un crecimiento lento y cesan su reproducción. Cuando los peces están expuestos de forma crónica a bajo pH los síntomas se evidencian en las branquias produciendo una lesión aguda con disfunción respiratoria y muerte, además en ocasiones se visualizan daños sobre la piel, aletas y cornea (Balbuena, 2011).

Figura 7.

Efecto del pH sobre los peces en un estanque. Swingle (como se citó en Rodríguez y Anzola, 2001).



Turbidez

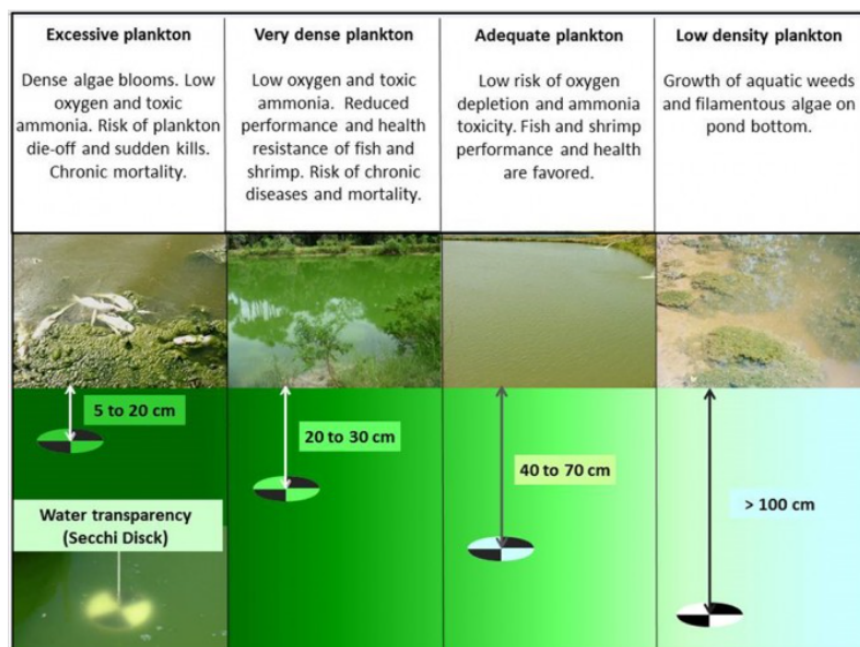
La turbidez del agua está dada por el material en suspensión bien sea mineral u orgánico y el grado de turbidez varía dependiendo de la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas en suspensión (García et al, 2018). Cuando el agua está con una coloración muy marrón es porque hay un exceso de materia orgánica y cuando es muy verde significa que hay un exceso de algas verdes (Chlorophyta) (Borges, 2015). Este parámetro limita la actividad de los peces para capturar el alimento concentrado y por ende este iría al fondo del estanque incrementando la cantidad de materia orgánica que a su vez favorecerá la aparición de plancton el cual consumirá oxígeno necesario para las demandas fisiológicas de los peces, pudiéndose causar mortalidades.

El disco secchi es el instrumento utilizado para la medición de la transparencia, el cual mide la profundidad de visibilidad del disco bajo el agua. Este instrumento consiste en una placa metálica o acrílica circular dividida en cuatro (4) cuadrantes, de colores blanco y

negro en forma alternada, y sostenida en el medio del disco por una cuerda graduada en centímetros (Ver figura 8) (Kubitza, 2016; Vidal et al, 2017).

Figura 8.

La transparencia del agua medida con un disco de Secchi.



Cuanto menor sea la transparencia del agua (más densa la población de plancton), más severa y acentuada será la estratificación del agua, el riesgo de agotamiento del oxígeno y la muerte de peces (Kubitza, 2016).

Oxígeno disuelto

Es una de las variables más importantes de un ambiente acuático. El oxígeno disuelto en el agua es un factor regulador del metabolismo e influye en el estanque de cultivo afectando el crecimiento del organismo cultivado y la eficiencia de conversión alimenticia, así como causa de estrés, bajo apetito, susceptibilidad a enfermedades y mortalidad en los cultivos (García et al, 2018). El oxígeno entra en el agua por dos medios naturales: difusión y

fotosíntesis. La difusión se produce por el contacto del agua con la atmósfera. Debido a la estratificación del agua por las diferencias de temperatura en sus diversas capas, no existe mucho intercambio entre éstas, por lo que el oxígeno disuelto está usualmente confinado a las capas superiores de la columna de agua. Los piscicultores utilizan comúnmente la recirculación del agua para romper la estratificación y aumentar el área de contacto del agua con la atmósfera. El fitoplancton es la fuente principal de oxígeno disuelto en el estanque que es consumido durante la respiración de los peces. Debido a que la fotosíntesis requiere de la luz solar, durante la noche se suspende la producción de oxígeno aún cuando la respiración continúa, dando como resultado la disminución de los niveles de oxígeno disuelto y el aumento del dióxido de carbono en el estanque (Vidal et al, 2017).

Entre los factores que pueden causar una insuficiente producción de oxígeno están la escasez o sobre producción de fitoplancton, el incremento de materia orgánica, exceso de alimento y/o organismos muertos, ya que el oxígeno será consumido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica (Vidal et al, 2017). En la figura 9 se presenta el efecto de la concentración de oxígeno disuelto sobre los peces en un estanque (Cardia & Lovatelli, 2015).

En contraste, la exposición de los peces a sobresaturación de gases atmosféricos (especialmente oxígeno) genera lesiones que se observan en el interior de los tejidos como pequeñas burbujas, especialmente bajo la piel, en los ojos o en las aletas (Ver figura 10). Dependiendo del nivel de sobresaturación puede producirse mortandad masiva debido a embolias producidas por las burbujas (Balbuena, 2011).

Figura 9.

Efecto de la concentración de oxígeno disuelto sobre los peces en un estanque. Swingle (Como se citó en Cardia & Lovatelli, 2015).

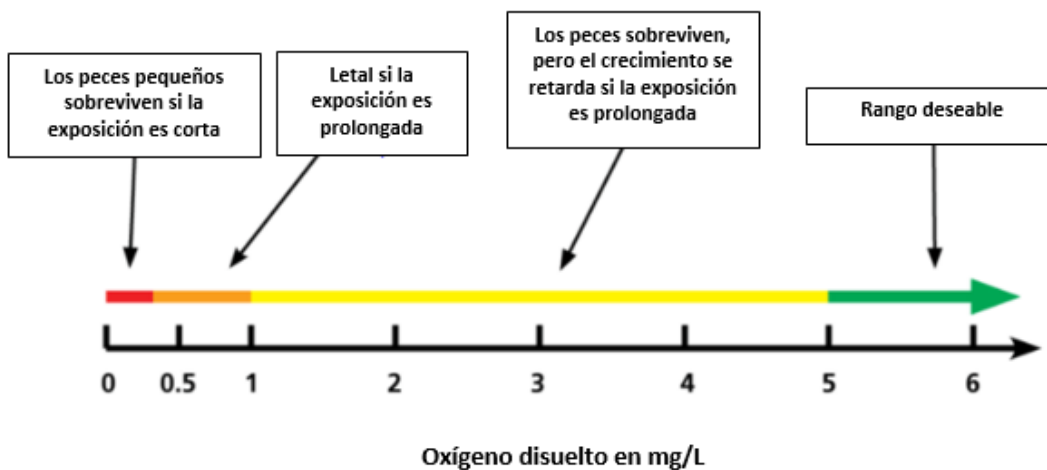


Figura 10.

Enfermedad de las burbujas. Lesiones en aletas (Balbuena, 2011).



El crecimiento y sobrevivencia determinan la productividad y son influenciados por varios factores o parámetros hídricos y por las prácticas de manejo. Durante un día, el pH, el oxígeno y la temperatura fluctúan de acuerdo con la hora, al amanecer, los niveles de

oxígeno disuelto en el agua son más bajos, al igual que el pH. A medida que transcurre el día, con la presencia de la luz del sol, la temperatura sube y el fitoplancton (plantas microscópicas del estanque) produce oxígeno, por lo que esta variable se eleva, al igual que el pH. Por la noche ocurre lo contrario, una disminución del pH y el oxígeno, por lo que es importante estar atento a estas variaciones (Tran-Duy et al, 2008; Schenone, Vackova & Fernandez, 2011; Tran-Ngoc et al, 2016).

Nitritos y nitratos

Estos se originan en los estanques como producto del metabolismo de las proteínas en la dieta, generándose amonio el cual es utilizado por las bacterias nitrificantes presentes en el agua principalmente de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Las *Nitrosomonas* son responsables del paso de amonio a nitritos, y la bacteria *Nitrobacter* es la responsable del paso de nitrito a nitrato (Bautista & Ruiz, 2011).

Niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 ppm puede ser tóxico. A menudo es difícil precisar el origen de un alto contenido de nitratos, debido a que puede provenir de muchas fuentes. La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el constante movimiento de los minerales y descomposición de la materia orgánica (Gutiérrez, 2014).

Niveles de nitritos superiores a 0,75 ppm en el agua pueden provocar estrés en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos (Gutiérrez, 2014). En el caso del amonio, si su concentración es mayor de 0.1 mg/L, podría constituirse como un indicador de

contaminación por aguas residuales domésticas o industriales, siendo tóxico para los peces cuando se superan valores de 0.6mg/L, además tanto el amonio como los nitritos y nitratos producen disminución del oxígeno disuelto en el agua, disminución del valor de pH tornando el agua en un medio muy ácido (García et al 2018).

Conductividad eléctrica

Es la medida de la capacidad que tiene una solución de transmitir corriente eléctrica; las unidades de expresión son siemens/cm o S/cm. Esta medida puede dar un valor presuntivo de la cantidad de iones inorgánicos presentes (calcio, magnesio, sodio, manganeso entre otros) lo que implica que este método puede determinar de manera presuntiva la cantidad de iones como el calcio y magnesio que son característicos de dureza en aguas, sin embargo, no pueden ser diferenciados. La CE es útil porque con ella se puede establecer el grado de mineralización de una solución, esto quiere decir que puede ser determinada la cantidad de iones disponibles en cultivos acuícolas que son de vital importancia para la fisiología de animal (Orduz & Erazo, 2009). La conductividad aumenta con la temperatura y la cantidad de iones presentes, los altos valores de conductividad (por encima de 70 μ S/cm) pueden indicar alta descomposición de la materia orgánica, en las aguas oligotróficas la conductividad es menor. La medición se realiza con un electrodo de conductividad, el cual, registra el valor en μ S/cm, con su respectiva corrección por temperatura (Borges, 2015).

Dureza y alcalinidad

La alcalinidad es dada por la concentración de iones de carbonato y bicarbonato y la dureza, por la concentración de iones de calcio y magnesio. Estas sustancias son muy

importantes ya que actúan como buffer haciendo que la variación del pH en todo el día sea lo menor posible, por lo general, el agua debe contener alcalinidad mayor 20 ppm; aguas con baja alcalinidad poseen una variación brusca del pH que ocasiona estrés en los peces. Los valores recomendados para la dureza son los mismos que para la alcalinidad. Las aguas marinas o salobres no tienen problemas de alcalinidad y dureza (Arboleda, 2006; Garcia, 2018)

Salinidad

La salinidad es una propiedad natural de aguas marinas y está definida por la suma de todas las sales disueltas, pero se representa en función al NaCl. Su importancia radica ya que es el factor de regulación osmótica para muchas células y variaciones repentinas en la salinidad puede afectar funciones celulares (García, 2018). La salinidad se expresa en ppt (partes por mil) es decir, gramos por litro, las aguas dulces pueden tener normalmente 0.5ppt, las aguas salobres desde 15 ppt, y las marinas pueden tener 37 ppt, aunque estos datos son variables. La salinidad disminuye las concentraciones de OD, a mayor salinidad menor OD, entonces las aguas marinas más cálidas son las que menos OD tienen (Arboleda, 2006). La salinidad interna de los peces se mantiene constante entre 10-14 % según la especie, sin embargo, el agua de mar tiene una salinidad aproximada del 35 % (medio más concentrado). Ante esta situación, el pez realiza un gasto energético para mantener su salinidad interna constante, lo que se conoce como osmorregulación evitando con ello los fenómenos de deshidratación que conllevaría igualar la concentración de sales entre el exterior y el interior. Variaciones continuas de los valores de salinidad provocan que los individuos tengan que reajustar su metabolismo a las nuevas condiciones, con el gasto energético que ello conlleva. Gracias a la osmorregulación, los peces se adaptan a un

amplio rango de salinidades, no obstante, la salinidad puede afectar a determinadas fases de su desarrollo. La salinidad se relaciona con la cantidad de amoniaco en su forma más tóxica (NH₃). A mayor salinidad, el porcentaje de amonio en su forma más tóxica es menor, aunque en este aspecto, la temperatura y el pH son mucho más determinantes (Sedano & Anguís, 2016).

Relación entre las prácticas de alimentación y la calidad del agua

Los desechos generados por la actividad acuícola (heces y alimento no consumido) sedimentan y son fuente de materia orgánica lo cual contribuye al deterioro de la calidad ambiental. Todos estos factores pueden llegar a afectar la calidad sanitaria de los peces durante el proceso de cultivo (Martins, Conceição & Schrama, 2011; Noga, 2011; Nunes et al, 2011; Mannan et al, 2012; Luo et al, 2013).

Los piscicultores utilizan una variedad de regímenes de alimentación, que van desde el suministro continuo de pequeñas cantidades de alimento durante todo el día hasta comidas grandes y cortas que se suministran varias veces a la semana (Kotaro et al, 2006). La cantidad de alimento dispensado a los peces en los cultivos es un aspecto de gran importancia. Su ajuste a las necesidades es crítico ya que representa un alto porcentaje de carga en la producción y tiene consecuencias biológicas: si es insuficiente, los animales no crecen y pueden sufrir enfermedades, que incluso pueden causar su muerte; mientras que, si es excesivo, suponen un aporte de materia orgánica al medio, cuya descomposición contribuye a la eutrofización del mismo y otros problemas medioambientales (Sanz et al, 2009).

Los peces requieren de una dieta nutritiva y adecuada en cantidad y calidad, para mantener su sistema inmunológico en óptimas condiciones. El suministro de dieta inadecuada puede mantener bien a los peces vivos, pero debilita su sistema inmunológico con lo que aumenta el riesgo de enfermedades. Así mismo los peces mantenidos en ambientes acuáticos apropiados, serán menos susceptibles a los organismos patógenos, generándose una mayor respuesta del organismo al agresor (Balbuena, 2011).

Algunos de los problemas de calidad de agua y de suelo que se presentan en un estanque son generados por el suministro de alimento concentrado, el cual causa problemas de disminución de oxígeno, incremento de nutrientes, de materia orgánica, de amonio y disminución de pH, estos factores a su vez estresaran a los peces disminuyendo el consumo de alimento exacerbando el problema de calidad del agua (Rodríguez & Anzola, 2001).

El nivel de oxígeno disuelto (OD) tiene un impacto en la ingesta de alimento y por ende es determinante en el crecimiento animal. En general, la ingesta de alimento disminuye al disminuir el OD, ya que este rasgo fisiológico está limitado por la capacidad de absorción de oxígeno. Los peces pueden presentar depresión metabólica como parte de una respuesta adaptativa a una situación de estrés (por ejemplo, hipoxia), lo que da como resultado una regulación a la baja de la actividad metabólica por múltiples factores de señalización a nivel tisular y celular (Magnoni et al 2018).

Gran parte del alimento que se suministra a una población en cultivo es consumido y absorbido por el intestino, lo que indica un mejor aprovechamiento del alimento que es convertido en carne; sin embargo, el alimento no consumido ira al fondo del estanque incrementando la cantidad de materia orgánica y esta es convertida por acción de las bacterias en diferentes sustancias que se disuelven en el agua siendo las más importantes el

dióxido de carbono, el amonio (altamente tóxico) y los fosfatos, a su vez las partículas mayores pasan a sedimentarse (Flores & Vergara, 2012; Vidal et al, 2017).

A causa de los procesos mencionados anteriormente se generan nutrientes por los alimentos que se disuelven en el agua o son atrapados por el fondo del estanque (nutrientes inorgánicos, compuestos fertilizantes de nitrógeno, fósforo, amonio, silicato) estos son aprovechados por el fitoplancton que a su vez produce oxígeno en la fotosíntesis y lo consume durante la respiración, finalmente cuando muere genera gases hacia la atmósfera, y la materia orgánica, los nutrientes y las partículas suspendidas son drenadas a la fuente de agua generando contaminación (Meyer, 2004 & Morales, 2016).

El exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes mayoritariamente de la actividad del hombre por ejemplo la piscicultura, en este caso de los procedimientos asociados a la alimentación de los peces, es conocido como eutrofización. Este proceso es una de las causas de contaminación más importante de las aguas en lagos, ríos y embalses, que son utilizados en particular para sistemas de producción superintensivo donde el aporte de alimentos balanceados puede ser excesivo, como es el caso de la represa de Betania en el departamento del Huila (Colombia). La eutrofización afecta a la calidad de las aguas al proliferar fitoplancton que consume oxígeno y esto a su vez puede afectar a la producción piscícola por la generación de hipoxia ambiental. Por lo anterior, la piscicultura puede llegar a ser una fuente de contaminación al producir un mayor aporte de nutrientes a las aguas circundantes (Ramos 2018).

DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión bibliográfica revelan que es necesaria una distribución adecuada del alimento para lograr una buena eficiencia alimenticia. La alimentación a demanda o ad libitum se usa comúnmente en los criaderos donde los comederos a demanda dispensan pequeñas cantidades de alimento cuando son activados por los peces. Los alimentadores automáticos o la alimentación manual se utilizan para alimentar a los peces en tanques o jaulas marinas donde el comportamiento de alimentación de los peces se puede monitorear manualmente o con una cámara de video (Lall & Tibbetts, 2009). Puede entonces sugerirse que, si bien la alimentación manual tiene la ventaja de permitir a los agricultores monitorear el comportamiento de alimentación y ajustar las raciones, los comederos automáticos pueden ser rentables, reducir los requisitos de mano de obra y permitir que grandes volúmenes de alimento se suministren de manera eficiente. Así mismo, se han realizado experimentos sobre la frecuencia de alimentación en varios tipos de especies de acuicultura (Kotaro, 2006; Victoriano et al, 2012; Yoo & Lee, 2016) pero es difícil sacar conclusiones generales sobre frecuencias óptimas de alimentación ya que depende de la especie cultivada, el tipo de producción, el alimento y las condiciones ambientales (Craig & Helfrich, 2017). Sin embargo, son evidentes los impactos negativos que se han asociado principalmente con sistemas intensivos de alto insumo y alto rendimiento cuyos efectos pueden incluir el enriquecimiento orgánico y de nutrientes de las aguas receptoras, lo que da como resultado la acumulación de sedimentos anóxicos,

cambios en comunidades y la eutrofización de los lagos. Ejemplo de esto se expresa en la siguiente ilustración (Ver tabla 3) donde Tobón et al (2016) muestra como en un ciclo de producción de trucha en el que se duplica la oferta de alimento y no se controla la frecuencia con la que se suministra se puede cuadruplicar la producción de sedimentos. Estos hallazgos apoyan aún más la idea de que este desperdicio en consecuencia reducirá el tiempo de alimentación antes de que el animal este saciado lo que da como resultado un crecimiento deficiente y una baja relación alimento: ganancia, además del deterioro en la calidad del agua.

Tabla 3.

Producción de sedimentos con y sin control de la alimentación en cultivo de Trucha (Tobón et al, 2016).

BALANCE MASA				
Producción Toneladas de trucha/año	10			
	Alimentación controlada		Alimentación no controlada	
	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)
ALEVINAJE	4,9	3.098	17,3	10.887
JUVENIL	2,3		4,6	
ENGORDE Y COSECHA	7,2		28,8	
TOTAL	14,4		50,6	
Producción de sedimentos Kg/tonelada de trucha	310		1.089	

Entre los efectos ambientales en los estanques de cultivo se puede mencionar los cambios en la columna de agua que incluyen incrementos en los niveles de nutrientes (N y P), aumento de la materia orgánica, alteraciones del pH, de la conductividad y de la transparencia del agua; además, reducción a niveles críticos del contenido de oxígeno disuelto. Un aumento en la concentración de dióxido de carbono en el agua puede causar una sensible reducción del pH, especialmente bajo condiciones de baja alcalinidad, tornando el medio ambiente desfavorable para los organismos cultivados (Vásquez, 2007;

Santos et al, 2010; Magnoni et al, 2018). El amonio es una molécula muy tóxica que debe ser expulsada del organismo muy rápido después de que se produce. Los organismos acuáticos tienen posibilidad de excretarla fácilmente por difusión a través del epitelio branquial. El amonio de excreción junto con el generado por la descomposición de los alimentos no consumidos y las heces es rápidamente oxidado, primero a nitrito (NO_2^-) y luego a nitrato (NO_3^-), un compuesto menos tóxico. Igualmente, bajo condiciones de pH del agua neutro, el NH_3 se ioniza convirtiéndose en ión amonio (NH_4^+), una forma no tóxica. De manera general se considera que el aumento en la cantidad de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos por efecto de la acuicultura, generan eutrofización, estimulando la aparición de algunos organismos y la ausencia de otros y alterando gravemente los ecosistemas acuáticos (Vásquez, 2007; Bautista & Ruiz, 2011; Gutiérrez, 2014).

El efecto de la temperatura del agua sobre el crecimiento de los peces ha sido examinado para diferentes especies (Yoo & Lee, 2016; Pérez et al, 2017; (Eriagha & Ekokotu, 2017; Volkoff & Rønnestad 2020) coincidiendo en que el crecimiento es mayor con el aumento de la temperatura del agua hasta un cierto nivel y luego disminuye a temperaturas más altas. En un estudio realizado por Yoo & Lee (2016) la temperatura óptima para el crecimiento del pez globo de río de menos de 50 g de peso corporal es de alrededor de 25 °C en comparación con Victoriano et al (2012) quien describe un aumento de la temperatura (17 a 20°C) junto con incremento en la ración del alimento (2,5% a 3,5% del peso día) y la frecuencia de alimentación (4 a 6 veces día), obteniendo resultados favorables en el crecimiento y la supervivencia de juveniles de Turbot (*Psetta maxima*) en un sistema productivo comercial durante 35 días.

Es importante saber que un aumento de la temperatura de cultivo produce un incremento del metabolismo con el consecuente aumento de la tasa de respiración y por tanto del consumo de oxígeno. De acuerdo con Sedano & Anguis (2016) aproximadamente, por cada 10 °C de aumento de temperatura, la tasa de respiración se duplica. Se sabe que los peces expuestos crónicamente a bajo OD y hacinamiento disminuyen su consumo de alimento (Tran-Duy, 2008; Santos et al, 2010; Saravanan et al, 2013). Magnoni et al (2018) demostró como la hipoxia se reflejó en una disminución del 35% en el crecimiento y el consumo de alimento en comparación con el grupo normóxico de estudio.

En un estudio realizado por Mannan et al (2012) se seleccionaron tres estanques con las mismas especies en diferentes proporciones de población. Durante el período de estudio, la preparación del estanque, la repoblación de especies de peces, el rendimiento de alimentación, el crecimiento y el análisis de la calidad del agua se evaluaron minuciosamente, encontrando que, si los parámetros fisicoquímicos del agua en un estanque semiintensivo se mantienen en rangos deseables, la densidad de población y la alimentación se mantendrán adecuadamente y, en última instancia, aumentará la producción. De acuerdo con esto, se sugiere que bajo estas condiciones se puede asegurar el bienestar animal sin dejar de lado la eficiencia de la producción lo cual es importante para futuras investigaciones.

Los alimentos se detectan a través de una amplia gama de estímulos químicos (olfato y papilas gustativas), visuales (ojos) y mecánicos (neuromasts libres y línea lateral) (Rønnestad et al, 2013), por lo tanto, un mal manejo de la alimentación, granulometría no apropiada de acuerdo con el tamaño de la boca de los peces, animales enfermos,

condiciones medioambientales desfavorables y baja palatabilidad del alimento, son causas comunes que contribuyen a aumentar el desperdicio de alimento (Craig & Helfrich, 2017).

Este estudio muestra, además, la importancia de medir los parámetros de calidad de agua haciendo especial énfasis en el oxígeno disuelto y la temperatura ya que los datos disponibles muestran que los peces perderán el apetito, cesarán y finalmente dejarán de ingerir alimentos a temperaturas bajas. Por el contrario, si aumenta la temperatura disminuirán los niveles de oxígeno disuelto en agua generando una depresión metabólica lo que se traduce en situaciones de estrés para los animales, deterioro de la calidad del agua y en general traerán pérdidas económicas para el productor.

Es evidente que un mejor conocimiento del comportamiento de alimentación de los peces y la fisiología digestiva contribuirá a la optimización de las dietas y los protocolos de alimentación, esto eventualmente mejorará las tasas de crecimiento, supervivencia y rendimiento de la producción, por lo cual se requieren estudios posteriores, que contribuyan a generar el conocimiento que hace falta específicamente para cada especie, y así, identificar los parámetros adecuados en relación a la preservación de la calidad del agua evitando un impacto ambiental negativo y aprovechando la mayor cantidad de alimento suministrado. También se sugiere más investigación desde el enfoque de bienestar animal que complementen este y todos los estudios realizados por los autores consultados.

CONCLUSIONES

La mala manipulación, almacenamiento y deterioro del alimento antes de la ingestión da como resultado una baja eficiencia del alimento y una mayor degradación ambiental. Como se reportó anteriormente, existe una relación estrecha entre los parámetros fisicoquímicos del agua y la alimentación, evidenciado así la importancia de mantener un equilibrio ambiental entre estos aspectos para optar por la ganancia y la buena producción en las granjas. Se estima que, en una granja piscícola, el 65% de los costos corresponde al alimento concentrado y es por ello que debemos administrarlo de manera eficiente ya que una buena alimentación determina el éxito del cultivo en cuanto a su costo/beneficio (Shipton & Hasan, 2013).

La calidad del agua es uno de los factores más importantes en la salud de los peces y hace que éstos sean más susceptibles a las diferentes enfermedades. Si la calidad del agua se aparta de lo establecido se deberán aplicar medidas que permitan mejorar y ajustar a las condiciones óptimas.

El alimento no consumido lleva a la eutrofización de los cuerpos de agua. La acumulación de materia orgánica depende de varios factores, entre otros de la especie en cultivo, la calidad del alimento, el tipo de manejo, las corrientes y la profundidad afectando principalmente represas y grandes cuerpos de agua.

Las estrategias de manejo de alimentos subóptimos y la necesidad de desarrollar y promover mejores prácticas de manejo de alimentos fueron citadas como intervenciones prioritarias en muchos de los estudios de caso presentados. Mejorar las prácticas de manejo de alimentos mejoraría la economía de la producción y reduciría los impactos ambientales asociados con las operaciones agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arboleda, Duván. 2006. Limnología aplicada a la acuicultura. *REDVET*. Vol VII No 11. Recuperado el 15 de abril de 2021.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63612653022.pdf>
2. Balbuena, Edgar. 2011. Manual básico de sanidad piscícola. *FAO*. Recuperado el 15 de agosto de 2019 <http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>
3. Barile, Juan; Escudero, Manuel & Jara, Luisa. 2016. Efecto del pH sobre la supervivencia embrionaria, periodo embrionario y de eclosión de *Galaxias maculatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, vol 51 pág. 181 – 185. Recuperado el 1 de noviembre de 2020.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572016000100018#:~:text=De%20acuerdo%20a%20los%20resultados,provocaron%20100%25%20de%20mortalidad%20embrionaria.
4. Baustista, Juan & Ruiz, Javier. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Universidad Autonoma de Nayarit, México*. Recuperado el 7 de mayo de 2021.
<http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
5. Bohnes, Florencia & Laurent, Alexis. 2021. Environmental impacts of existing and future aquaculture production: Comparison of technologies and feed options in Singapore. *ELSEVIER Aquaculture*. Vol 532. Recuperado el 7 de abril de 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736001>

6. _____ Borges, Fernanda de Freitas. 2015. La calidad del agua y las buenas prácticas de acuicultura. *Divulgación acuícola*. Año 2 No 23. Recuperado el 1 de mayo de 2021.
7. _____ Cardia, Francesco. & Lovatelli, Alessandro. 2015. Aquaculture operations in floating HDPE cages: a field handbook. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 593. Rome, FAO. 152 pp. Recuperado el 10 de mayo del 2021
https://www.researchgate.net/figure/Dissolved-oxygen-DO-effects-on-warm-water-fish_fig18_318393672
8. _____ Craig, Steven & Helfrich, Louis. 2017. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. *Virginia Cooperative Extension*, Publication 420-256. Recuperado el 7 de mayo de 2021.
<https://fisheries.tamu.edu/files/2019/01/FST-269.pdf>
9. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. 2010. Manual básico de Piscicultura en estanques. Montevideo, DINARA-FAO, 50 p. Recuperado el 18 de marzo de 2021.
https://www.academia.edu/10691317/Manual_b%C3%A1sico_de_Piscicultura_en_estanques
10. Dos Santos, F; Moreira, A; Bisinoti, M; Nobre S and Santos M. 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*, 8(5):476 – 484. Recuperado el 2 de noviembre de 2019
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X07000581>

11. Eriegha, Ochuko & Ekokotu, Paterson. 2017. Factors affecting feed intake in cultured fish species: a review. *Animal Research International*, 14(2):2697-2709. Recuperado el 7 de mayo de 2021
12. Flores, Hector & Vergara, Alex. 2012. Efecto de reducir la frecuencia de alimentación en la supervivencia, crecimiento, conversión y conducta alimenticia en juveniles de salmón del Atlántico *Salmo salar* (Linnaeus, 1758): experiencia a nivel productivo. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(3): 536-544. Recuperado el 3 de noviembre de 2020
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v40nSpecIssue/art03.pdf>
13. Garcia, Silberio; Juarez, Alejandro; Olivier, Branly; Rivas, Mayra & Zeferino, Jacqueline. 2018. Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. Vol. 5 (2): 135-155. Recuperado el 8 de marzo de 2021.
14. Gutierrez, Natalia. 2014. Calidad del agua en acuicultura. *Agricultura y desarrollo rural*. Jalisco gobierno del estado. Recuperado el 2 de marzo de 2021.
<https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>
15. Kaushik, S.J. 2013. Feed management and on-farm feeding practices of temperate fish with special reference to salmonids. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. *On-farm feeding and feed management in aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 519–551.

Recuperado el 10 de octubre de 2020

<http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/T583/root/20.pdf>

16. Kosemani, Emmanuel; Adewole HA, Olaleye VF and Azeez, Y. 2017. Assessment of effect of fish feeding practices on the water quality of some fish ponds in Ekiti State Fish Farm, Ado Ekiti, Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5: 357-364. Recuperado el 10 de noviembre de 2019
<http://www.fisheriesjournal.com/archives/?year=2017&vol=5&issue=2&part=E&ArticleId=1154>
17. Kotaro, Kikuchi; Nakahiro, Iwata; Toyoki, Kawabata & Toshiharu, Yanagawa. 2006. Effect of Feeding Frequency, Water Temperature, and Stocking Density on the Growth of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes*. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol 37, Issue 1. Pag 12 -20. Recuperado el 7 de mayo del 2021. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1749-7345.2006.00002.x>
18. Kubitza, Fernando. 2016. La correcta circulación del agua en los estanques acuícolas es crítica. *Global Aquaculture Alliance*. Recuperado el 2 de febrero de 2021.
<https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-correcta-circulacion-del-agua-en-los-estanques-acuicolas-es-critica/>
19. Kui, Y; Caihua, MA; Huiwang, G; Fengqi, L; Meizhao, Z; Yantao, Q and Bo, W. 2008. Food intake rate and delivery strategy in aquaculture. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. Vol 26(3) paginas 263-267. Recuperado el 16 de

agosto de 2019

https://www.researchgate.net/profile/Kui_You/publication/225733616_Food_intake_rate_and_delivery_strategy_in_aquaculture/links/00b4951e557e2e8223000000/Food-intake-rate-and-delivery-strategy-in-aquaculture.pdf

20. Lall, Santosh, & Tibbetts, Sean. 2009. Nutrition, feeding, and behavior of fish. *Veterinary Clinics of North America : Exotic Animal Practice*, 12, 2, pp. 361-372. Recuperado el 9 de octubre de 2020.
<https://nrcrepublications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=d9b48066-4ecc-4348-851e-87b54b3e6fe8>
21. Luo, Mingzhong; Ruizhang Guan, Zhongqin Li, and Heng, Jin. 2013. The effects of water temperature on the survival, feeding, and growth of the juveniles of *anguilla marmorata* and *a. bicolor pacifica*. *Aquaculture*, 401:61 – 64. Recuperado el 10 de octubre de 2019
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848613001129?via%3Dihub>
22. Magnoni, Leonardo; Eding, Ep; Leguen, Isabelle; Prunet, Patrick; Geurden, Inge; Ozório, Rodrigo & Schrama, Johan W. 2018. Hypoxia, but not an electrolyte-imbalanced diet, reduces feed intake, growth and oxygen consumption in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Sci Rep* 8, 4965. Recuperado el 3 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23352-z>
23. Mannan, M; Islam, M; Rimi, R; Suravi and N. T. Meghla. 2012. Impact of water quality on fish growth and production in semi-intensively managed aquaculture farm. *Bangladesh J. Environ. Sci.*, 23: 108-113. Recuperado el 2 de noviembre

de 2019

https://www.researchgate.net/publication/236007029_Impact_of_Water_Quality_on_Fish_Growth_and_Production_in_Semi-Intensively_Managed_Aquaculture_Farm

24. Martins, Catarina; Conceição Luis and Schrama, Johan. 2011. Feeding behavior and stress response explain individual differences in feed efficiency in juveniles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 312: 192–197. Recuperado el 10 de octubre de 2019

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848611000123>

25. Merino, María; Salazar, Gustavo y Gómez, Diana. 2006. Guía práctica de piscicultura en Colombia. *INCODER*. Recuperado el 15 de agosto de 2019.

<https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>

26. Meyer, Daniel. 2004. Introducción a la acuicultura. Escuela agrícola panamericana, Zamorano Honduras. Recuperado el 2 de noviembre de 2019

https://www.academia.edu/42963558/Introducci%C3%B3n_a_la_Acuicultura_Daniel_E_Meyer

27. Molleda, Mercedes. 2007. Water quality in recirculating aquaculture systems for arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) culture. *United nation university fisheries training program*. 55 p. Recuperado el 2 de noviembre de 2019

<https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3102/Report?sequence=2>

28. Morales, Oriol. 2016. Variabilidad Estacional e Interanual del Fitoplancton en la costa de Barcelona. *CSCI* pag 1-56. Recuperado el 1 de noviembre de 2020.
https://digital.csic.es/bitstream/10261/154094/1/Mulet_TFG_2016.pdf
29. Noga, Edwar. 2011. Fish disease: diagnosis and treatment. John Wiley & Sons.
30. Nunes, Nayara; Tomaz, Vanessa; De Holanda, Davi; Barroso, Rafael and do Carmo Marcelo. 2011. Water quality and Nile tilapia growth performance under different feeding schedules. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33: 427-430.
Recuperado el 2 de noviembre de 2019
<https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126507015.pdf>
31. Oliva, Gloria. 2011. Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris. Academia.edu. Recuperado el 20 de marzo de 2021.
https://www.academia.edu/16717998/19_Manual_Buenas_Pr%C3%A1cticas_Acu%C3%ADcolas_en_el_cultivo_de_la_trucha_Arco_Iris
32. Pérez, Paula; Santos, Leandro & Vieira, Priscila. 2010. MANEJO ALIMENTAR EM PISCICULTURA CONVENCIONAL. *Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 109* v. 7, nº 02 p.1189-1196. Recuperado el 1 de octubre de 2020
http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/109V7N2P1189_1196MAR2010.pdf
33. Ramos, Alfredo. 2018. Evaluación del riesgo de eutrofización del embalse El Quimbo, Huila (Colombia). *Revista logos ciencia y tecnología*. Recuperado el 17 de mayo de 2021.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5177/517758004006/html/index.html>

34. Rakocy, James; Masser, Michael & Losordo, Thomas. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics integrating fish and plant culture. *Southern regional agricultural center publication* No. 454. Recuperado el 10 de octubre de 2019
https://shareok.org/bitstream/handle/11244/319795/oksd_srac_454_2016-07.pdf?sequence=1
35. Rana, K.J. and Hasan, M.R. 2013. On-farm feeding and feed management practices for sustainable aquaculture production: an analysis of case studies from selected Asian and African countries. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. On-farm feeding and feed management in aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* No. 583. Rome, FAO. pp. 21–67. Recuperado el 1 de noviembre de 2020 <http://www.fao.org/3/i3481e/i3481e.pdf>
36. Rodríguez, Horacio & Anzola, Eduardo. 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental, capítulo III. La calidad del agua y la productividad de un estanque de acuicultura. *Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA*. Pag 43 – 72. Recuperado el 20 de octubre de 2020.
<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34940/27467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
37. Ronnestad, Ivar; Yúfera, Manuel, Ueberschär, Bernd; Saele, Oystein & Boglione, Clara. 2013. Feeding behaviour and digestive physiology in larval fish: current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. *Reviews in aquaculture*. Vol 5. Pag S59-S98. Recuperado el 6 de mayo de 2021.
<https://doi.org/10.1111/raq.12010>

38. _____ Orduz, Sergio & Erazo, Edna. 2009. Análisis de las características físicoquímicas de aguas y suelos de cultivos acuícolas intensivos y superintensivos. *CENIACUA-COLCIENCIAS*. Recuperado el 8 de abril de 2021.
39. _____ Santos, G.A; Schrama, J.W; Mamauag, REP; Rombout, JHWM & Verreth JAJ. 2010. Chronic stress impairs performance, energy metabolism and welfare indicators in European seabass (*Dicentrarchus labrax*): The combined effects of fish crowding and water quality deterioration. *ELSEVIER Aquaculture*. Vol 299. Pag 73-80. Recuperado el 3 de abril de 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.018>
40. Sanz, Fernando. 2009. La nutrición y alimentación en piscicultura. Publicaciones científicas y tecnológicas de la fundación observatorio español de acuicultura. Recuperado el 20 de octubre de 2020
https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/la_nutricion_y_alimentacion_en_piscicultura.pdf
41. Saravanan, Subramaian; Geurden, Inge; Figueiredo, Cláudia; Nusantoro, Suluh; Kaushik, Sadasivam; Verreth, Johan & Schrama, Johan. 2013. Oxygen consumption constrains food intake in fish fed diets varying in essential amino acid composition. *PLoS ONE* 8(8): e72757. doi:10.1371/journal.pone.0072757
42. Schenone, Nahuel; Vackova, Lenka & Fernandez, Alicia. 2011. Fish-farming water quality and environmental concerns in Argentina: a regional approach. *Aquaculture International*, 19(5):855-863. Recuperado el 10 de octubre de 2019
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-010-9404-x>
43. Sedano, Francisco & Anguís, Victoria. 2016. Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina. *Consejería de agricultura,*

pesca y desarrollo rural, instituto de investigación y formación agraria y pesquera. 1-17 p. Recuperado el 2 de abril de 2021.

44. _____ Shipton, T.A. and Hasan, M.R. 2013. An overview of the current status of feed management practices. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. On-farm feeding and feed management in aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* No. 583. Rome, FAO. pp. 3–20. Recuperado el 8 de octubre de 2020 <http://www.fao.org/3/i3481e/i3481e.pdf>
45. _____ Tobón, Olga et al. 2016. Manual de producción y consumo sostenible, gestión del recurso hídrico. Piscícolas, Cultivo de Trucha y Tilapia. *CORANTIOQUIA*. Recuperado el 10 de octubre de 2020. http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Piscicola.pdf
46. Tran-Duy, An; Schrama, Johan; van Dam Anne A. & Verreth, Johan A.J. 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 275: 152–162. Recuperado el 2 de noviembre de 2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848608000021>
47. _____ Tran-Ngoc Kim; Dinh, Ngu T; Nguyen, Thinh; Roem, Arjen; Schrama, Johan; Verreth, Johan. 2016. Interaction between dissolved oxygen concentration and diet composition on growth, digestibility and intestinal health of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 462: 101–108. Recuperado el 2 de noviembre de 2019 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.005>

48. Vázquez, Walter. 2007. Las dietas como factor de impacto sobre la calidad del agua en sistemas de cultivo intensivo de peces. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola* año II, vol. 2, 2007. ISSN 1909 - 8138
49. Victoriano, Renzo; Silva, Alfonso; Vega, Alonso; Araya, Miguel & Cornejo, Lorena. 2012. Efecto del aumento de la temperatura, frecuencia de alimentación y ración de alimento en el crecimiento de juveniles de *Turbot Psetta máxima*. *Int. J. Morphol.* Vol 30(3) 902-907. Recuperado el 20 de abril de 2021.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022012000300023>
50. Vidal-Martínez, V.M., M.A. Olvera-Novoa, V. Morales, J. Cuéllar-Anjel, A. Riofrío, R. Morales, M.C. Chávez, O. García, L. Montoya y P. Barato. 2017. Manual de Buenas Prácticas de Manejo para la Piscicultura en Agua Dulce. OIRSA-OSPESCA, C.A. pp. 145. Recuperado el 20 de octubre de 2020
https://www.academia.edu/38201870/Manual_de_buenas_pr%C3%A1cticas_pisc%C3%ADcolas
51. Wezel, Alexander; Robin, Joel; Guerin, Mathieu; Arthaud, Florent & Vallod, Dominique. 2013. Management effects on water quality, sediments and fish production in extensive fish ponds in the Dombes region, France. *Limnologica*, 43: 210–218. Recuperado el 10 de octubre de 2019
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951112000825>
52. Volkoff, Helene & Ronnestad, Ivar. 2020. Effects of temperatura on feeding and digestive processes in fish. *Temperature*, 7:4, 307-320. Recuperado el 7 de mayo de 2021.

<https://ezproxy.uan.edu.co:2112/doi/citedby/10.1080/23328940.2020.1765950?scroll=top&needAccess=true>

53. Yoo, Gwang & Lee, Jeong. 2016. The effect of feeding frequency, water temperatura, and stocking density on the growth of river puffer *Takifugu obscurus* reared in zero-exchange water system. *Fisheris and aquatic sciences*. Recuperado el 7 de mayo de 2021.

<https://fas.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41240-016-0024-x#citeas>